

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-223107  
 (43)Date of publication of application : 17.08.2001

(51)Int.Cl. H01F 1/24

(21)Application number : 2000-032309

(71)Applicant : KOBE STEEL LTD

(22)Date of filing : 09.02.2000

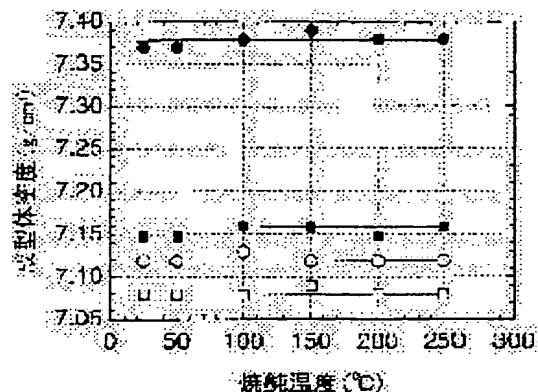
(72)Inventor : MITANI HIROYUKI  
 TSUCHIDA TAKEHIRO  
 SEKI YUICHI  
 KAGAWA MASAHIKO  
 SAWAYAMA TETSUYA  
 SEKI YOSHIKAZU  
 SATO MASAAKI

## (54) METHOD OF COMPRESSION MOLDING SOFT MAGNETIC POWDER

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method of compression molding a soft magnetic power, with which the density and strength of a compression mold can be increased and a compression mold that has excellent mechanical and magnetic characteristics and does not lower electrical resistance can be manufactured.

**SOLUTION:** An inner wall surface of a forming die is coated with a lubricate by using soft magnetic powder having a surface covered with a glass-like insulating layer containing P, Mg, B and Fe as essential components. The soft magnetic powder is compression molded at room temperature of higher, but lower than 50° C without mixing with the lubricate and then the mold is annealed at 50 to 400° C.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.04.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

[of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-223107  
(P2001-223107A)

(43)公開日 平成13年8月17日(2001.8.17)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 F 1/24

識別記号

F I  
H 0 1 F 1/24

テーマコード(参考)  
5 E 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2000-32309(P2000-32309)

(22)出願日 平成12年2月9日(2000.2.9)

(71)出願人 000001199  
株式会社神戸製鋼所  
兵庫県神戸市中央区臨浜町1丁目3番18号  
(72)発明者 三谷 宏幸  
神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会  
社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内  
(72)発明者 土田 武広  
神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会  
社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内  
(74)代理人 100067828  
弁理士 小谷 悅司 (外1名)

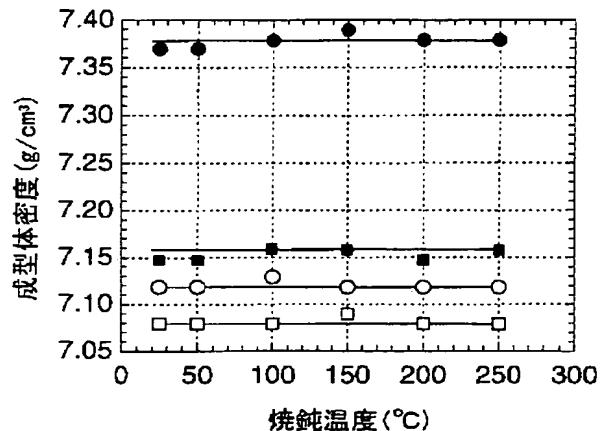
最終頁に続く

(54)【発明の名称】軟磁性粉末の圧縮成形方法

(57)【要約】

【課題】 圧縮成形体の高密度化および高強度化を図り、機械的特性および磁気特性に優れ、しかも電気抵抗の低下も招かない圧縮成形体を製造できる様な軟磁性粉末の圧縮成形方法を提供する。

【解決手段】 P, Mg, BおよびFeを必須成分とするガラス状絶縁層を表面に被覆した軟磁性粉末を用い、成形型の内壁面に潤滑剤を塗布すると共に、前記軟磁性粉末に潤滑剤を混合せずに室温以上50℃未満で圧縮成形し、その後成形体を50～400℃で焼鈍する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 P, Mg, BおよびFeを必須成分とするガラス状絶縁層を表面に被覆した軟磁性粉末を用い、成形型の内壁面に潤滑剤を塗布すると共に、前記軟磁性粉末に潤滑剤を混合せずに室温以上50℃未満で圧縮成形し、その後成形体を50～400℃で焼鈍することを特徴とする軟磁性粉末の圧縮成形方法。

【請求項2】 P, Mg, BおよびFeを必須成分とするガラス状絶縁層を表面に被覆した軟磁性粉末を用い、成形型の内壁面に潤滑剤を塗布すると共に、前記軟磁性粉末に潤滑剤を混合せずに、50～400℃で圧縮成形することを特徴とする軟磁性粉末の圧縮成形方法。

【請求項3】 圧縮成形時の圧力が250～1500MPaである請求項1または2に記載の圧縮成形方法。

【請求項4】 圧縮成形時の最大圧力を500～1500MPaとすると共に、成形型に振動を加えることとし、無加圧時の振動は片振幅で0.002～0.20mmに設定し、且つ成形圧力が500MPaである加圧時の全部若しくは一部を、無加圧時の振幅の20%以上とする請求項3に記載の圧縮成形方法。

【請求項5】 前記振動の周波数を5Hz～20kHzとする請求項4に記載の圧縮成形方法。

【請求項6】 前記磁性粉末は、平均粒子径dと厚みtの比(d/t)が4以上である請求項1～5のいずれかに記載の圧縮成形方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、鉄粉や鉄基合金粉末の如き軟磁性粉末を圧縮成形し、高周波圧粉磁心の素材として有用な成形体を製造する方法に関するものであり、殊に成形体の密度を高めることができ、最終成形体の機械的特性や磁気的特性等を一段と向上させることのできる圧縮成形方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、高周波圧粉磁心の素材として、鉄粉や鉄基合金粉末の如き軟磁性粉末（以下、「鉄粉」で代表することがある）を圧縮成形した成形体が用いられているが、こうした成形体の機械的特性や磁気的特性を高める為には、できるだけ高密度化および高強度化を図ることが重要である。こうした高密度化・高強度化を達成するという観点から、これまでにも様々な技術が提案されている。

【0003】例えば、特開昭59-50138号には、鉄粉にエポキシ樹脂やふっ素樹脂等の有機バインダーを被覆した圧粉磁心材料が提案されている。この技術では、樹脂を混合することによってある程度の強度向上は図れるものの、鉄粉に樹脂を混合した場合には樹脂の分だけ鉄粉の体積率が低下するので、その結果として成形体における磁束密度や透磁率等の磁気特性が十分ではないという問題がある。

【0004】また、特開平7-245209号には、表面にりん酸処理を施した鉄粉を用いることによって、成形体の強度を向上させる技術が提案されている。この技術は上記の様な樹脂を配合しないものであるが、こうした成形方法では成形型との焼き付きを防止するという観点から潤滑剤を添加する必要がある。しかしながら、こうした技術では強度を向上する効果のある樹脂を混合しないものであるので、基本的に強度が低く、しかも潤滑剤を添加することによっても成形体密度が低下し、強度が依然として不十分であるという問題がある。

【0005】本発明者らも、圧縮成形体の強度向上を図るという観点から、かねてより研究を進めており、その研究の一環として例えば特許第2710152号の様な技術も提案している。この技術は、P, Mg, BおよびFeを必須成分とするガラス状絶縁層を被覆した鉄粉を用い、この原料粉末を圧縮成形した後400～600℃の温度で焼鈍して前記ガラス状絶縁層同士の接合を図ることによって、成形体の強度向上を図ると共に、絶縁性および磁束密度の向上を図るものである。

【0006】この技術においては、前記ガラス状絶縁層同士の接合によって成形体の強度向上はある程度図れるものの、基本的に潤滑剤や樹脂を混合して圧縮成形するものであるので成形体密度が低下し、強度も依然として不十分であるという問題は解消されないままである。また、この技術では、成形後の歪取り焼鈍を400～600℃で行なうものであるが、焼鈍をこうした高温で行なった場合には、成形体の強度は向上するものの、電気抵抗が低下し、高電気抵抗が必要とされる部品には適用できないという別の問題がある。

【0007】こうしたことから、例えば特開平9-272901号には、鉄粉に潤滑剤を混合せずに成形型の内壁面にだけ潤滑剤を塗布し、150～400℃の温度（温間）で圧縮成形する技術も提案されている。この方法は、いわゆる型潤滑と呼ばれる方法であり、鉄粉には潤滑剤や樹脂を基本的に含んでいないので、これらを混合することによる不都合は生じない。しかしながら、通常の軟磁性粉末にこうした型潤滑法を適用しても、期待するほどの強度が達成されていないのが実状である。

【0008】一方、上記した技術の他、圧縮成形の段階で粉末に振動を加えて圧密化を図る技術も提案されている（例えば、特公平3-25278号、特公昭41-6549号、同5414781号等）。また、本発明者らは、平均的な粒子径と厚みの比が4以上となる様に偏平加工した鉄粉の使用が高密度化に有効であることも提案している（特開平8-260114号）。しかしながら、こうした技術だけでは、成形体の高密度化および高強度化を図るには不十分である。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記事情に着目してなされたものであって、その目的は、高密度化お

より高強度化を図って、機械的特性および磁気特性に優れ、しかも電気抵抗の低下も招かない圧縮成形体を製造できる様な軟磁性粉末の圧縮成形方法を提供することにある。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成することのできた本発明とは、P, Mg, B および Fe を必須成分とするガラス状絶縁層を表面に被覆した軟磁性粉末を用い、成形型の内壁面に潤滑剤を塗布すると共に、前記軟磁性粉末に潤滑剤を混合せずに室温以上50℃未満で圧縮成形し、その後成形体を50～400℃で焼鈍する点に要旨を有する軟磁性粉末の圧縮成形方法である。

【0011】また、本発明の上記目的は、P, Mg, B および Fe を必須成分とするガラス状絶縁層を表面に被覆した軟磁性粉末を用い、成形型の内壁面に潤滑剤を塗布すると共に、前記軟磁性粉末に潤滑剤を混合せずに、50～400℃で圧縮成形することによっても達成される。

【0012】上記本発明方法においては、圧縮成形時の圧力は250～1500MPa の範囲が適当である。また、圧縮成形時の最大圧力を500～1500MPa とすると共に、成形型に振動を加えることとし、無加圧時の振動は片振幅で0.002～0.20mm に設定し、且つ成形圧力が500MPa である加圧時の全部若しくは一部を、無加圧時の振幅の20%以上とすれば、圧縮成形体の一層の高密度化が達成されるので好ましい。こうした振動を与える方法においては、振動の周波数を5Hz～20kHz とすることが好ましい。更に、本発明で用いる軟磁性粉末としては、平均粒径d と厚みt の比(d/t) が4以上であることが好ましい。

#### 【0013】

【発明の実施の形態】本発明者らは、圧縮成形体の高密度化・高電気抵抗化を推進するべく、様々な角度から検討した。その結果、P, Mg, B および Fe を必須成分とするガラス状絶縁層を表面に被覆した軟磁性粉末（以下、「絶縁処理粉末」と呼ぶことがある）に、潤滑剤を混合することなく型潤滑成形し、温間で接合処理（焼鈍）するか或は成形と接合処理を兼ねた温間成形をすれば、上記の目的が見事に達成されることを見出し、本発明を完成した。

【0014】本発明で用いる絶縁処理粉末は、P, Mg, B および Fe を必須成分とするガラス状絶縁層を表面に被覆したものであるが、こうした粉末はりん酸・ほう酸・酸化マグネシウム水溶液を高純度鉄粉と混合し乾燥させることによって得ることができる（前記特許2710152号公報）。また、この粉末の粒径や形状については特に限定されるものではないが、平均粒子径d と厚みt の比(d/t) が4以上であることが好ましく、こうした粉末を用いることによって、より一層の高密度化を達成することができる。

【0015】上記絶縁処理粉末は、成形型との焼き付きを防止する為に潤滑剤を混合し、更に強度を向上させるという観点から、粉末中に樹脂を混合することが多いが（前記特許2710152号公報）、こうして得られる成形体の強度は40N/mm<sup>2</sup>程度にしかならない。また、樹脂を混合した場合には、樹脂の分だけ体積率が低下し、磁束密度や透磁率等の磁気特性の低下を引き起すため、磁気特性の面からすれば磁性粉末以外の材料を混合することは好ましくない。こうしたことから本発明方法においては、潤滑剤や樹脂を軟磁性粉末に混合することなく、成形型の内壁に潤滑剤を塗布するいわゆる型潤滑によって、圧縮成形を行なうものである。

【0016】本発明は上記の様に、軟磁性粉末には潤滑剤を混合したものであるが、少なくとも成形型の内壁面には潤滑剤を塗布する必要がある。これは、成形型の内壁と粉末との焼き付きを防止するためであるが、こうした潤滑剤の使用は成形体の特性に悪影響を及ぼすことはない。本発明において、成形型の内壁面に塗布する潤滑剤の種類としては特に限定されるものではないが、代表的なものとしてステアリン酸の金属塩（例えば、ステアリン酸カルシウム、ステアリン酸亜鉛、ステアリン酸リチウム等）が挙げられ、これを粉末状のまま塗布したり有機溶媒に溶解させて塗布しても良い。また、上記以外の潤滑剤としては、グラファイトや二硫化モリブデン等、潤滑性があるものであれば適用できる。

【0017】前記ガラス状絶縁処理層は、室温以上50℃未満の温度で圧縮成形するだけでも、その物理的な接觸によって接合されて強度が向上するが、その圧縮成形温度を50℃以上とすることによって、皮膜同士の接合が進行して、強度のより一層の向上が認められる（この点については後述する）。

【0018】本発明者らは、下記の手順に従って、表面にP, B, Mg および Fe を必須成分とするガラス状絶縁層を被覆した鉄粉を作製した。即ち、水1リットル当たり、りん酸：163g、MgO：31g、ほう酸：30g を含む混合液からなる絶縁処理液を調製し、この処理液を高純度鉄粉：100g に対して0.05～30cc 添加・混合した。そして、この混合体を300℃以下の温度で20分間乾燥させ、その後粉碎して絶縁処理粉末とした。

【0019】本発明者らは、上記の絶縁処理粉末を用い、常温にて様々な条件で圧縮成形を行なった後、大気中で室温～250℃の温度範囲にて焼鈍を行ない、焼鈍温度が成形体の密度、抗折強度および比抵抗等に与える影響について調査した。その結果を、図1～3に示す。尚、図1～3には、絶縁処理をしない通常の鉄粉に潤滑剤を混合して圧縮成形した場合の結果についても示した。また、図1～3における■、●、□および○の各印の条件は下記の通りである。

【0020】■：型潤滑成形（二硫化モリブデンを成形

5  
型内壁に塗布、成形面圧：700 MPa)

●：型潤滑成形（二硫化モリブデンを成形型内壁に塗布、成形面圧：1000 MPa）

□：潤滑剤混合（ステアリン酸リチウムを鉄粉に0.75質量%混合、成形面圧：700 MPa）

○：潤滑剤混合（ステアリン酸リチウムを鉄粉に0.75質量%混合、成形面圧：1000 MPa）

【0021】図1は、焼鈍温度と成形体密度の関係を示したグラフであるが、焼鈍温度による成形体密度への影響は少ないものの、型潤滑成形したものでは成形体密度が大きくなっていることが分かる。

【0022】図2は、焼鈍温度と成形体抗折強度の関係を示したグラフである。この結果から明らかな様に、焼鈍温度が高くなるにつれて抗折強度が高くなっているが、相対的に型潤滑成形したものの方が、抗折強度が大きくなっていることが分かる。これは、ガラス状絶縁層を有する鉄粉を型潤滑成形することによって、接合に関与するガラス状絶縁層同士の接触面積が増加することによって、成形体の抗折強度が増大するものと考えられる。これに対して、鉄粉に潤滑剤を混合して圧縮成形したものでは、抗折強度が低くなっているが、これは潤滑剤が鉄粉間に介在することによって強度が低下するものと考えられる。

【0023】図3は、各種条件で圧縮成形したときの焼鈍温度と成形体比抵抗の関係を示したグラフである。この結果から明らかな様に、型潤滑成形によって得られた成形体では粉末に潤滑剤を混合していないので比抵抗は低下しているが、潤滑剤を混合したものに比べてそれほど低下していないことが分かる。そして、比抵抗の値がこの程度の差であれば渦電流損はそれほど変化しないことが予想される。

【0024】上記図1～3の結果から明らかな様に、表面にガラス状絶縁層を被覆した鉄粉を用いて型潤滑によって得られた成形体では、電気抵抗の低下を抑えつつ、高密度化および高強度化が達成されていることが分かる。また、本発明方法によって得られた成形体においては、高い透磁率（100～150程度）が得られていることを確認した。

【0025】本発明においては、上記の如く室温以上50℃未満で圧縮成形した後に焼鈍する必要があるが、この焼鈍は成形時の歪みを開放し成形体の透磁率を向上させるという効果をも發揮する。こうした効果を発揮させる為には、焼鈍温度は少なくとも50℃以上とする必要がある。また、透磁率を向上させるという観点からすれば、この焼鈍温度はできるだけ高い方が好ましいが、あまり高くなり過ぎると電気抵抗が却って低下するので、400℃以下とする必要がある。

【0026】本発明者らは、上記図1～3に示した●印の条件において焼鈍温度を高めた場合に、その焼鈍温度が成形体の比抵抗に与える影響について調査した。その

結果を図4に示すが、焼鈍温度が400℃を超えると成形体の比抵抗が著しく低下していることが分かる。こうしたことから、本発明では圧縮成形後の焼鈍温度の上限を400℃と定めた。

【0027】焼鈍温度を比較的高くすることによって比抵抗が低下する原因については、次の様に考えることができる。即ち、ガラス状絶縁層は絶縁層それ自体が比較的高い電気抵抗を示すが、約400℃程度から変質が顕著に起こり、層中の酸素が鉄粉に拡散して鉄粉表面にマグネタイトが生成して電気抵抗が低下するものと考えられる。そして、この様な電気抵抗の低下は鉄損の低下を招き、通常の軟磁性材料においてはそれほど問題にならないのであるが、交流で使用されて渦電流損低減が可能な高い電気抵抗を必要とする磁心材料においては問題となる。

【0028】本発明方法において、圧縮成形を行なう際の成形圧力については、250～1500 MPaであることが好ましい。この成形圧力が250 MPa未満であると、成形体の十分な密度が得られず、軟磁性部品としての必要な特性が得られない。一方、成形圧力が1500 MPaを超えると、成形型の破損が懸念される。尚、成形圧力の好ましい範囲は600～1000 MPa程度である。

【0029】また、本発明方法によって得られる成形体は、前述の如く成形体内部における皮膜同士の接合による強度向上であるので、圧縮成形時の雰囲気には殆ど影響されず、従って成形体製造時の雰囲気は大気中であっても不活性ガス雰囲気中であっても良い。

【0030】本発明方法における基本的な手順は、常温以上50℃未満にて圧縮成形した後、50～400℃の温度範囲にて焼鈍するものであるが、より高密度化を達成するという観点からすれば、圧縮成形を所定の温度範囲で温間成形を行なうことも有効である。

【0031】本発明者らは、上記した絶縁処理粉末を用い、50～250℃の温度範囲にて圧縮成形（温間成形）を行ない、成形温度が成形体の密度、抗折強度および比抵抗等に与える影響について調査した。その結果を、図5～7に示す。尚、図5～7には、絶縁処理をしない通常の鉄粉に潤滑剤を混合して圧縮成形した場合の結果についても示した。また、図5～7における■、●、□および○の各印の条件は前記図1～3の場合と同じである。

【0032】図5は、成形温度（温間成形温度）と成形体密度の関係を示したグラフであるが、成形温度が高くなるにつれて成形体密度が大きくなっているが、また型潤滑成形したものの方が、潤滑剤を混合して成形した成形体に比べて成形体密度が大きくなっていることが分かる。更に、前記図1と比べても明らかな様に、温間成形したときの方が、常温で圧縮成形した後に焼鈍して得られた成形体に比べてより高い密度が得られていることが

分かる。

【0033】図6は、成形温度と成形体抗折強度の関係を示したグラフである。この結果から明らかに、成形温度が高くなるにつれて抗折強度が高くなっているが、相対的に型潤滑成形したものの方が、抗折強度が大きくなっていることが分かる。また、前記図2と比べても明らかに、温間成形した方が、常温で圧縮成形した後に焼鈍して得られた成形体に比べてより高い抗折強度が達成されていることが分かる。

【0034】図7は、各種条件で圧縮成形したときの成形温度と成形体比抵抗の関係を示したグラフであるが、前記図3と同様の傾向が得られていることが分かる。

尚、図7には示していないが、温間成形温度を400°Cよりも高くすると焼鈍温度を400°Cよりも高くなった場合と同様に、比抵抗が低くなる傾向があるので400°C以下とする必要がある。また、この成形温度の好ましい範囲は、比較的高い比抵抗が維持され（前記図7参照）、しかも作業性についても何等支障をきたさない温度である50~150°C程度である。

【0035】本発明方法は、絶縁処理粉末に、潤滑剤を混合することなく圧縮成形し温間で焼鈍処理するか、或は成形と接合処理を兼ねた温間圧縮成形をすることを基本的な構成とするものであるが、該圧縮成形工程で適度の振動を加えると、圧縮成形体の一層の高密度化が図れるので好ましい。この振動には、従来の振動成形技術を実質的にそのまま適用することも可能であるが、振動条件を下記の様に制御すれば、振動による圧密度化効果が一層有効に発揮されるので好ましい。

【0036】即ち、本発明で好ましく採用される上記振動条件制御とは、特に加圧前の無加圧時に与える振動の振動制御と、加圧時に付加される振動制御の組み合わせであり、以下に詳述する振動の振動制御を行なうことによって、圧縮成形体の成形密度を一層効果的に高め得ることが確認された。

【0037】ちなみに本発明者らが確認したところによると、鉄粉の如き塑性変形する粉末を圧縮成形する場合、従来の振動成形法では、無加圧時に十分な振幅の振動を与えたとしても、加圧時には該振動が減衰してしまって加振効果が有効に発揮されないことが確認された。

【0038】ところが、無加圧時の振動の片振幅を0.002~0.20mmの範囲に設定すると共に、最大圧力500~1500MPaで加圧成形する際の、特に圧力が500MPa以上となっている加圧時の全部若しくは一部に、上記無加圧時における振幅の20%以上、より好ましくは50%以上の振幅を加えてやれば、加圧成形時における粉末-粉末間および粉末-成形型間の摩擦低減効果が更に高まり、圧縮成形体の密度を一段と高め

ることができたのである。

【0039】ここで、無加圧時の振幅の片振幅を0.02~0.20mmの範囲と定めたのは、該振幅が0.002mm未満では、無加圧時の振動による圧密化効果が有効に発揮されず、一方0.20mmを超えて振幅を過度に大きくすることは、該振幅を維持するのに過大なエネルギーが必要になるばかりでなく、設備の保全も困難になるからである。こうした観点から、より好ましい無加圧時の振動の片振幅は0.05mm以上、0.15mm以下である。

【0040】また、加圧成形時の振幅を無加圧時の振幅の20%以上と定めたのは、20%未満では、加圧振動による前記摩擦低減作用とそれに伴う高圧密化効果が有効に発揮されないからであり、加圧時の振動による高圧密化効果をより有効に発揮させるには、無加圧時の振幅の50%以上に設定することが望ましい。また、前述の如く主に設備面から振動維持が困難となる0.02mm以下であれば、無加圧時の振幅の100%を超えて差し支えない。

【0041】振動を加えるための手段は特に制限されないが、好ましい方法は、成形型に上下パンチを介して内部の粉末に振動を与える方法、上パンチ若しくは下パンチのみから振動を与える方法、更にはダイスにも振動を与えてパンチからの振動との組み合わせを採用することも有効である。振動を加えるタイミングは、無加圧時と、少なくとも500MPa以上に加圧したときの全部若しくは一部であり、成形型内への原料粉末の充填時、若しくは圧縮成形体の脱型時に振動を与えるか否かは自由である。

【0042】また、付与される振動の基本周波数は、粉末-粉末間の摩擦低減とそれに伴う高圧密化を達成するため、通常5Hz~20kHz、より好ましくは5Hz~200Hzの範囲から設定される。ちなみに、基本周波数が5Hz未満では、加振による粉末同士の摩擦を十分に低減することができず、また加圧時に20kHzを超える高周波数の振動を与えるには過大なエネルギーを要し、設備面から実用にそぐわないからである。但し、振動発生装置でそれらの整数倍に相当する周波数の振幅が合成されている場合は、その様な高周波の振動を利用することも勿論可能である。

【0043】下記表1は、加圧成形時における振幅の有無が成形体密度に与える影響について示したものであるが、振動を与えることが成形体密度向上に有効であることが分かる。

【0044】

【表1】

成形条件						成形体密度 (g/cm³)	備考
成形温度 (°C)	成形圧力 (MPa)	周波数 (Hz)	無加圧時 振幅(mm)	500MPa加圧時 振幅(mm)			
25	700	—	—	—	—	7.15	振動無し
25	700	50	0.05	0.04	—	7.21	振動有り
150	700	—	—	—	—	7.24	振動無し
150	700	50	0.05	0.04	—	7.31	振動有り

【0045】本発明で用いる軟磁性粉末の形状について  
は、特に限定されるものではないが、本発明者らは平均的な粒子径  $d$  と厚み  $t$  の比 ( $d/t$ ) が 4 以上である偏平加工軟磁性粉末が、成形体の透磁率を向上させるのに有効であることを見出しており（特開平8-260114号）、こうした形状を本発明で用いる絶縁層被覆粉末に適用しても、圧縮成形体の磁気特性を更に向上させる上で有効である。

【0046】即ち、偏平加工後の平均的な粒子径  $d$  と厚み  $t$  の比は、図8に示す様に、偏平加工後の粒子の長径  $D_1$  と短径  $D_2$  の平均 [ $(D_1 + D_2)/2$ ] を平均的な粒子径とし、これを厚み  $t$  で除した値であるが、この値が 4 以上となる様に偏平加工した絶縁処理粉末を用いて圧縮成形しても、圧縮成形体の磁気特性を更に向上させることができたのである。

【0047】尚、粉末を偏平加工するに当たっては、双ロール、アトライター、ロッドミル、振動ボールミル等が採用でき、生産性の面からは粉末の乾燥工程が不要で、時間効率の高い乾燥振動ミルを採用することが好ましい。

【0048】

【発明の効果】本発明は以上の様に構成されており、高密度化および高強度化を図って、機械的特性および磁気特性に優れ、しかも電気抵抗の低下も招かない圧縮成形体が製造することができた。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】各種条件で圧縮成形したときの焼鈍温度と成形体密度の関係を示したグラフである。

【図2】各種条件で圧縮成形したときの焼鈍温度と成形体抵抗強度の関係を示したグラフである。

【図3】各種条件で圧縮成形したときの焼鈍温度と成形体比抵抗の関係を示したグラフである。

【図4】焼鈍温度を高めた場合に、その焼鈍温度が成形体の比抵抗に与える影響について示したグラフである。

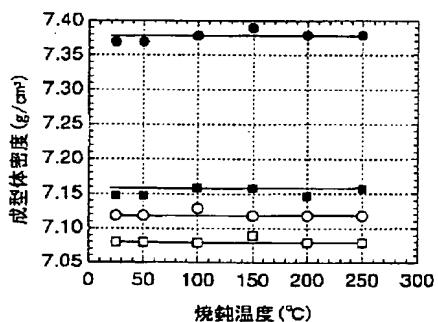
【図5】成形温度（温間成形温度）と成形体密度の関係を示したグラフである。

【図6】成形温度と成形体抗折強度の関係を示したグラフである。

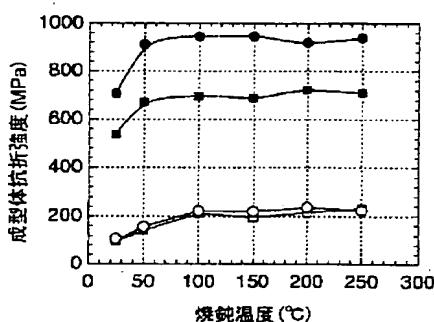
【図7】各種条件で圧縮成形したときの成形温度と成形体比抵抗の関係を示したグラフである。

【図8】偏平加工後の粒子形状を示す概略説明図である。

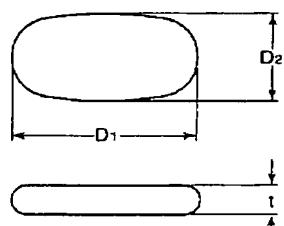
【図1】



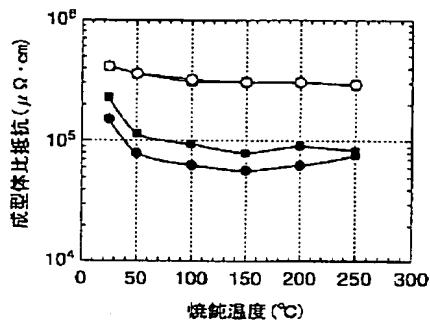
【図2】



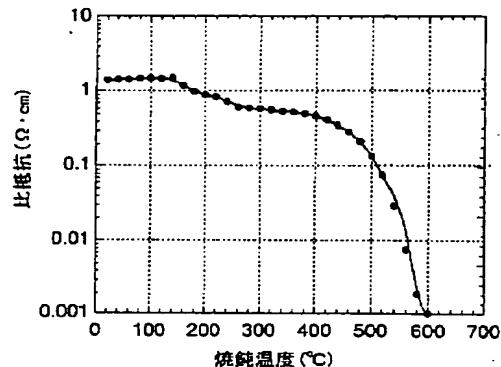
【図8】



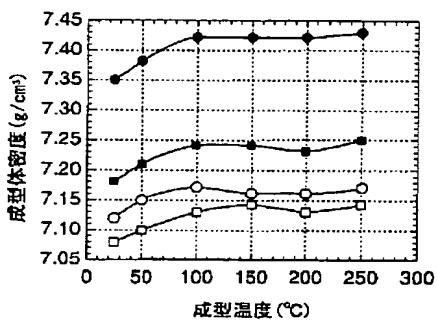
【図3】



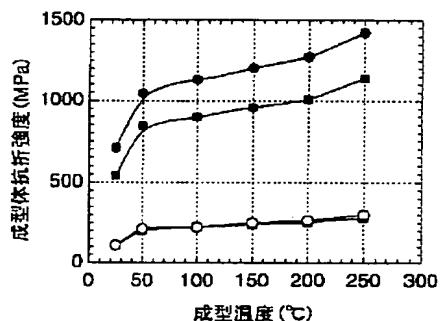
【図4】



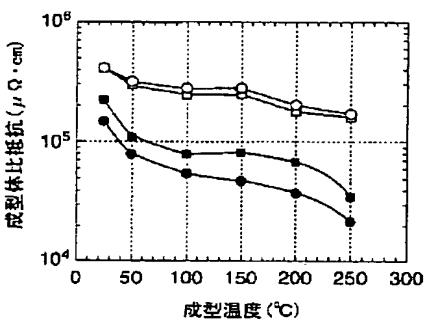
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72) 発明者 関 勇一

神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

(72) 発明者 香川 晶彦

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目3番1号 株式会社神戸製鋼所高砂製作所内

(72) 発明者 澤山 哲也

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目3番1号 株式会社神戸製鋼所高砂製作所内

(72) 発明者 関 義和

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目3番1号 株式会社神戸製鋼所高砂製作所内

(72) 発明者 佐藤 正昭  
兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 3 番 1 号  
株式会社神戸製鋼所高砂製作所内

F ターム(参考) 5E041 BC01 HB05 HB07 HB11 HB14  
NN05 NN06 NN17 NN18